

(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
PARIS

(11) N° de publication : 2 643 753  
(à n'utiliser que pour les  
commandes de reproduction)

(21) N° d'enregistrement national : 89 02563

(51) Int Cl<sup>8</sup> : H 01 R 4/50, 9/09.

(12)

## DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

(22) Date de dépôt : 28 février 1989.

(30) Priorité :

(43) Date de la mise à disposition du public de la  
demande : BOPI « Brevets » n° 35 du 31 août 1990.

(60) Références à d'autres documents nationaux appa-  
rentés :

(71) Demandeur(s) : COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATO-  
MIQUE, Etablissement de caractère scientifique, tech-  
nique et industriel. — FR.

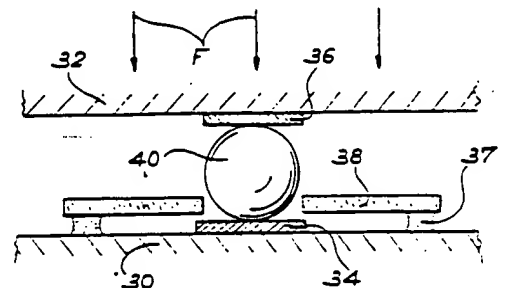
(72) Inventeur(s) : Jacques Jean Blanchard ; Philippe Bucci ;  
Marcel Locatelli.

(73) Titulaire(s) :

(74) Mandataire(s) : Brevatome.

(54) Procédé d'interconnexion de composants électriques au moyen d'éléments conducteurs, déformables et sensible-  
ment sphériques.

(57) Selon l'invention, pour interconnecter deux composants  
30, 32 comportant chacun au moins une électrode 34, 36, on  
place sur l'une des électrodes un élément 40 conducteur,  
déformable et sensiblement sphérique, on place l'autre élec-  
trode sur cet élément et l'on maintient par pression les compo-  
sants l'un contre l'autre, l'élément pouvant représenter une  
self-inductance ajustable dans une gamme prédéfinie.  
Application en microélectronique.



FR 2 643 753 - A1

PROCEDE D'INTERCONNEXION DE COMPOSANTS ELECTRIQUES  
AU MOYEN D'ELEMENTS CONDUCTEURS, DEFORMABLES ET  
SENSIBLEMENT SPHERIQUES

5

## DESCRIPTION

La présente invention concerne un procédé d'interconnexion de composants électriques. Elle trouve notamment des applications dans le domaine de la Microélectronique.

10

Par "composants électriques" on entend aussi bien des composants électriques actifs tels que les circuits intégrés par exemple, que des composants électriques passifs tels que, par exemple, des substrats de céramique munis de plots de contact électrique.

15

On connaît déjà divers procédés d'interconnexion :

Selon un premier procédé, pour connecter l'une à l'autre deux électrodes 2, 4 par exemple en or (figure 1) qui sont situées sur un substrat 6, on utilise un fil d'or 8 dont les deux extrémités sont respectivement soudées par thermocompression (ou par une technique similaire), ou collées par une colle électriquement conductrice, aux deux électrodes.

20

25

Selon un deuxième procédé, pour connecter l'une à l'autre deux électrodes 10, 12 (figure 2) appartenant respectivement à deux substrat 14, 16, on utilise un fil de bronze au phosphore 18 ou de toute autre matière ayant une bonne élasticité, dont une extrémité est soudée à l'une 10 des électrodes et dont l'autre extrémité est mise en contact avec l'autre électrode 12 par mise en flambage du fil 18, en exerçant une force de pression contre le substrat 16 en direction du substrat 14.

30

Selon une troisième technique, pour connecter des électrodes 20 d'un substrat 22 (figure 3A) respectivement à des électrodes 24 d'un substrat 25, on forme sur chaque électrode 20 un élément de soudure 26 en forme de sphère et l'on munit chaque électrode 24 d'un élément de soudure 28 en forme de galette ; on applique les éléments 28 respectivement contre les éléments 26 ; on chauffe l'assemblage ainsi obtenu à la température de fusion de la soudure, chaque élément 28 fusionnant avec un élément 26, et on laisse l'assemblage se refroidir, d'où l'interconnexion des substrats 22, 25 par l'intermédiaire d'éléments de soudure 30 (figure 3B).

Les premier et deuxième procédés sont très mal adaptés à l'interconnexion de composants électriques placés en vis-à-vis en vue de créer des liaisons électriques entre les électrodes de l'un des composants et les électrodes de l'autre composant, lorsque ces liaisons doivent être bien localisées et que leur longueur ne doit pas dépasser quelques dixièmes de millimètre, par exemple 0,3 mm.

Le troisième procédé est un peu mieux adapté que les précédents à une telle interconnexion. Cependant, le matériau de soudure généralement utilisé, à savoir l'Indium, présente l'inconvénient d'être sujet à un important fluage.

La présente invention a pour but de remédier aux inconvénients précédents en proposant un procédé d'interconnexion de composants électriques, qui est adapté à l'obtention de liaisons électriques bien localisées, ne dépassant pas quelques dixièmes de millimètre, sans fluage.

A cet effet, on utilise, selon l'invention, des éléments électriquement conducteurs, déformables et sensiblement sphériques.

De façon précise, la présente invention a pour objet un procédé d'interconnexion d'un premier composant électrique et d'au moins un second composant électrique, le premier composant comportant au moins une électrode, le second composant comportant au moins une électrode destinée à être connectée à l'électrode du premier composant, ce procédé étant caractérisé en ce qu'il comprend les étapes suivantes :

- on place sur chaque électrode de l'un des composants un élément électriquement conducteur, déformable et sensiblement en forme de sphère,

- on place l'autre composant sur le précédent composant de telle façon que l'élément soit aussi en contact avec l'électrode correspondante de cet autre composant, et

- on maintient par pression les composants l'un contre l'autre.

La présente invention permet d'assurer de bons contacts électriques entre les composants et l'on notera que chaque liaison créée peut être facilement supprimée (ce qui n'est pas le cas avec les premier et troisième procédés connus, mentionnés plus haut), en cessant d'exercer la pression.

De plus, l'élément de forme sensiblement sphérique étant déformable, il est possible, en faisant varier la pression exercée, de faire varier la déformation de cet élément et donc la valeur de la self-inductance de l'élément, cette valeur dépendant de la longueur de la liaison électrique entre les deux électrodes interconnectées. Ainsi le procédé objet de l'invention est-il particulièrement bien adapté à l'obtention de liaisons électriques dont la self-inductance est faible et ajustable.

De préférence, préalablement à la mise en place de l'élément sur l'électrode correspondante dudit

précédent composant, on dispose sur ce dernier des moyens de positionnement de l'élément par rapport à l'électrode correspondante de ce précédent composant, afin de faciliter la mise en place de cet élément.

5 Les moyens de positionnement peuvent comprendre une bague électriquement isolante dont l'ouverture est placée sensiblement au-dessus de l'électrode correspondante dudit précédent composant et qui est apte à imposer à l'élément un contact avec  
10 cette électrode correspondante.

Lorsque ledit précédent composant comporte une pluralité d'électrodes, les moyens de positionnement peuvent comprendre une grille électriquement isolante ayant des trous qui sont placés  
15 sensiblement au-dessus des électrodes dudit précédent composant et qui sont prévus pour imposer aux éléments des contacts respectivement avec les électrodes dudit précédent composant.

De préférence, lorsque ledit précédent  
20 composant comporte une pluralité d'électrodes, la pression est exercée par l'intermédiaire d'une plaque prévue pour répartir cette pression de façon uniforme.

Selon un mode de mise en oeuvre préféré du procédé objet de l'invention ledit élément est  
25 élastiquement déformable, ce qui facilite le réglage de la self-inductance, qui peut alors être augmentée ou diminuée dans une plage donnée.

Enfin, ledit élément peut être en un matériau électriquement isolant ou en un matériau électriquement  
30 conducteur et comporter en surface une couche d'un matériau électriquement conducteur.

La présente invention sera mieux comprise à la lecture de la description suivante, d'exemples de réalisation donnés à titre purement indicatif et  
35 nullement limitatif, en référence aux dessins annexés

sur lesquels :

- les figures 1 à 3, déjà décrites, illustrent schématiquement des procédés d'interconnexion électrique connus,

5 - la figure 4 est une vue schématique d'un interconnexion de deux composants, réalisée conformément à l'invention,

10 - la figure 5 est une vue schématique d'une interconnexion d'un transducteur électro-acoustique et d'un câble coaxial semi-rigide, réalisée conformément à l'invention,

- la figure 6 est une vue schématique d'une interconnexion de deux composant à plusieurs électrodes, réalisée conformément à l'invention, et

15 - la figure 7 est une vue schématique d'une interconnexion d'un composant et d'une pluralité d'autres composants, réalisée conformément à l'invention.

20 Sur la figure 4, on a représenté schématiquement deux composants électriques 30 et 32 qui sont interconnectés conformément à l'invention. Le premier composant 30 comporte une électrode ou plot de contact 34 et le second composant 32 comporte une électrode 36. Pour relier électriquement l'une à l'autre ces électrodes 34 et 36 qui sont par exemple en or, on procède de la façon suivante :

25 Au préalable, on fixe au moyen d'un liant 37 (colle ou résine par exemple) une bague 38 faite d'un matériau électriquement isolant tel que le kapton (marque déposée) par exemple, au premier composant 30, l'ouverture de la bague étant au-dessus de l'électrode 34. Sur l'électrode 34, on place une sphère ou bille 40 faite d'un matériau ayant la malléabilité souhaitée :  
30 ce matériau est choisi en fonction de la déformation que l'on veut pouvoir faire subir à la sphère. Ce peut  
35

être le nickel. Le diamètre de cette sphère dépend de la self-inductance nécessaire pour la liaison entre les électrodes 34 et 36. Le diamètre intérieur de la bague 38 est choisi de façon à limiter les déplacements de la sphère 40 pour que celle-ci reste en contact avec l'électrode 34.

Sur la surface de la sphère 40 a été préalablement déposée une matière électriquement conductrice, de l'or par exemple. Le dépôt d'or peut être fait par électrolyse, par voie chimique ou par évaporation sous vide par exemple.

On place l'autre composant 32 sur le composant 30 muni de la sphère 40 de telle façon que l'électrode 36 soit aussi en contact avec la sphère 40. La liaison résultante entre les électrodes 34 et 36 est maintenue en pressant le composant 32 contre le composant 30 par tout moyen de pression approprié, symboliquement représenté par des flèches F sur la figure 4. On peut utiliser un moyen élastique tel qu'un ressort en bronze au béryllium par exemple pour exercer la pression. Toute variation de pression induit une variation de déformation de la sphère 40, cette déformation ayant lieu essentiellement au niveau des contacts entre la sphère 40 et les électrodes 34 et 36. Cette variation de déformation induit à son tour une variation de la self-inductance de la sphère 40.

On voit qu'il est facile de démonter l'assemblage obtenu : il suffit de ne plus exercer de pression, de séparer les composants puis d'enlever la sphère 40. Dans bien des applications envisagées en microélectronique, cette dernière est plus exactement une micro-sphère dont le diamètre ne dépasse pas quelques dixièmes de millimètre et peut être de l'ordre de 0,3 mm par exemple.

La technique décrite en faisant référence à

la figure 4 s'applique par exemple à l'obtention d'une liaison adaptée entre un transducteur électro-acoustique à 9,4 GHz (figure 5) et un générateur électromagnétique approprié, non représenté, destiné à exciter le transducteur, par l'intermédiaire d'un câble coaxial semi-rigide.

Le transducteur constitue ici le premier composant 30 tandis que le câble coaxial constitue le second composant 32. Le transducteur comporte un cylindre électriquement isolant 42 par exemple en alumine, sur lequel est déposée une couche d'or 44 mise à la masse. Sur cette couche 44 est formée, par pulvérisation cathodique par exemple, une couche d'oxyde de zinc 46 de l'ordre de 330 nm d'épaisseur par exemple. Une autre couche d'or constituant ici l'électrode 34 est formée sur la couche 46 et a par exemple un diamètre de l'ordre de 0,1 mm.

Le transducteur a une capacité de l'ordre de 2,7 pF. Une inductance en série de 106 pH est nécessaire pour annuler la réactance à 9,4 GHz, l'impédance étant dans ce cas de l'ordre de 0,4 ohm. L'extrémité de l'âme 48 du câble coaxial 32 joue ici le rôle d'électrode 36. Le conducteur extérieur 50 de ce câble 32 est mis à la masse. La sphère 40 assure donc ici la liaison entre l'électrode 34 du transducteur et l'extrémité inférieure 36 de l'âme du câble coaxial.

La sphère est en nickel. Elle est revêtue d'une couche d'or de 1 micromètre d'épaisseur et a un diamètre de l'ordre de 280 micromètres. Elle permet d'obtenir l'annulation de la réactance.

La force de pression de l'extrémité 36 de l'âme du câble coaxial semi-rigide 32 contre l'électrode 34, par l'intermédiaire de la bille 40, est réglable et peut être exercée de la façon suivante : la périphérie de l'extrémité du câble coaxial semi-rigide,



extrémité qui correspond à l'extrémité 36 de l'âme du câble, est maintenue, par des moyens de serrage appropriés 52, dans une bague 53 électriquement isolante comportant un rebord externe 55. Un écrou 54 électriquement isolant et fileté intérieurement s'appuie d'un côté sur ce rebord et, de l'autre côté, est vissé sur le pourtour du cylindre 42 qui est lui-même fileté à cet effet et qui est maintenu fixe par des moyens non représentés. Un ressort hélicoïdal 56 est placé et comprimé entre le rebord de la bague 53 et la couche d'or 44 qui se trouve sur la face du cylindre 42, qui porte l'électrode 34. La bague 38 a un diamètre extérieur suffisamment petit pour se trouver à l'intérieur du ressort et ne pas gêner celui-ci.

Tout vissage (respectivement dévissage) de l'écrou 54 augmente (respectivement diminue) la force de pression.

Pour une sphère dont le diamètre D est égal à quelques centaines de micromètres, la diminution maximale de la distance entre électrodes, due à la déformation de la sphère, est de l'ordre de 5%. Cela donne la plage possible d'adaptation d'impédance à partir d'une sphère. La variation de la self-inductance L, pour une sphère de quelques centaines de micromètres de diamètre, est donnée par la loi approchée suivante, obtenue expérimentalement :

$$L(\text{en pH}) = 10^{-3} D^2 \quad (D \text{ en micromètres}).$$

La figure 6 est une généralisation de la figure 4 au cas où il y a une pluralité de liaisons électriques : le composant 30 comporte une pluralité d'électrodes 34 et le composant 32 comporte une pluralité d'électrodes 36 qui sont respectivement reliées aux électrodes 34 par l'intermédiaire de sphères 40. Dans le cas de l'interconnexion représentée sur la figure 6, on utilise, en tant que moyens de

positionnement des sphères 40, non pas des bagues mais une grille 58 électriquement isolante, par exemple en kapton (marque déposée), dont les trous sont respectivement en regard des électrodes 34, le diamètre de ces trous étant choisi de façon à limiter le déplacement des sphères 40, pour que celles-ci restent en contact avec les électrodes 34 correspondantes.

Cette grille 58 est mise en place sur le composant 30, après quoi les sphères 40 sont placées, dans leurs trous respectifs, contre les électrodes 34. Le composant 32 est alors mis en place de façon que les électrodes 36 soient respectivement en contact avec les sphères 40 associées puis on exerce une force de pression F sur le composant 32, par l'intermédiaire d'une plaque 60 de répartition de la pression, de façon à presser ce composant 32 contre le composant 30, ce dernier reposant sur une plaque de rigidification 62. La plaque 60 est plus épaisse en son centre, où la force de pression est appliquée, afin d'empêcher une déformation du composant 32.

L'utilisation de sphères faites d'un matériau de malléabilité adaptée permet ainsi l'obtention d'une pluralité de contacts électriques simultanés qui peuvent être facilement supprimés (déconnexion). La tolérance sur le diamètre des sphères est de l'ordre de 5 micromètres pour pouvoir obtenir tous les contacts à la fois (le diamètre des sphères étant de l'ordre de quelques centaines de micromètres). La précision sur la self-inductance de chaque liaison est directement liée à la précision sur le diamètre des sphères et vaut environ 1%.

La figure 7 illustre schématiquement une variante de réalisation de l'interconnexion représentée sur la figure 6. L'interconnexion représentée sur la figure 7 comporte une pluralité de composants 32 dont

5 Les électrodes 36 sont respectivement reliées aux électrodes 34 du composant 30 par l'intermédiaire de sphères 40. Le composant 30 repose sur la plaque 62 et les composant 32, qui sont mis en place les uns après les autres, sont pressés contre le composant 30, les moyens de pression, symbolisés par la flèche F, appuyant sur les composants 32 par l'intermédiaire de la plaque 60.

## REVENDECATIONS

1. Procédé d'interconnexion d'un premier composant électrique (30) et d'au moins un second composant électrique (32), le premier composant comportant au moins une électrode (34), le second composant comportant au moins une électrode (36) destinée à être connectée à l'électrode du premier composant, ce procédé étant caractérisé en ce qu'il comprend les étapes suivantes :

- on place sur chaque électrode (34) de l'un (30) des composants un élément (40) électriquement conducteur, déformable et sensiblement en forme de sphère,

- on place l'autre composant (32) sur le précédent composant de telle façon que l'élément soit aussi en contact avec l'électrode correspondante (36) de cet autre composant, et

- on maintient par pression les composants l'un contre l'autre.

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que préalablement à la mise en place de l'élément (40) sur l'électrode correspondante dudit précédent composant (30), on dispose sur ce dernier des moyens (38, 58) de positionnement de l'élément (40) par rapport à l'électrode correspondante (34) de ce précédent composant.

3. Procédé selon la revendication 2, caractérisé en ce que les moyens de positionnement comprennent une bague (38) électriquement isolante dont l'ouverture est placée sensiblement au-dessus de l'électrode correspondante (34) dudit précédent composant et qui est apte à imposer à l'élément un contact avec cette électrode correspondante.

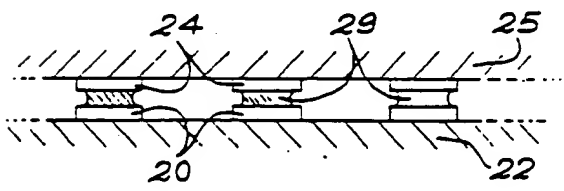
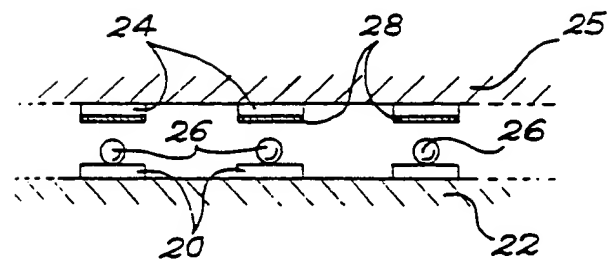
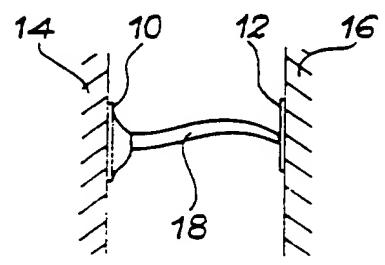
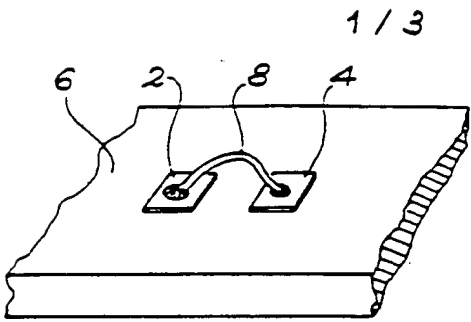
4. Procédé selon la revendication 2,

caractérisé en ce que ledit précédent composant (30) comporte une pluralité d'électrodes (34), et en ce que les moyens de positionnement comprennent une grille (58) électriquement isolante ayant des trous qui sont placés sensiblement au-dessus des électrodes dudit précédent composant et qui sont prévus pour imposer aux éléments des contacts respectivement avec les électrodes dudit précédent composant.

5. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que ledit précédent composant (30) comporte une pluralité d'électrodes (34) et en ce que la pression est exercée par l'intermédiaire d'une plaque (60) prévue pour répartir cette pression de façon uniforme.

6. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que ledit élément (40) est élastiquement déformable.

7. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, caractérisé en ce que ledit élément (40) est en un matériau électriquement isolant ou électriquement conducteur et comporte en surface une couche d'un matériau électriquement conducteur.



2/3

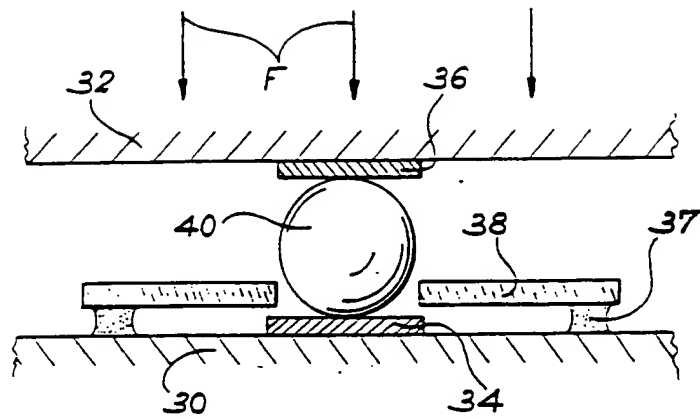


FIG. 4

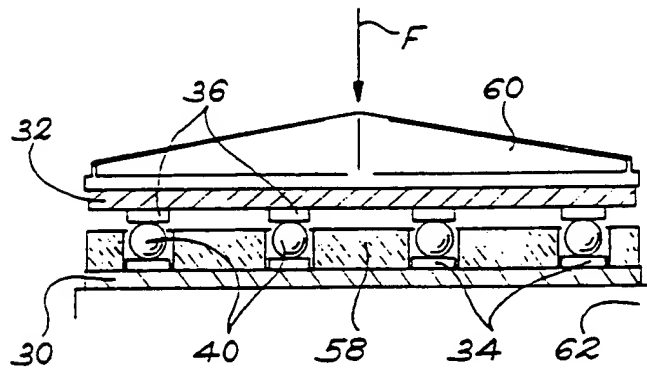


FIG. 6

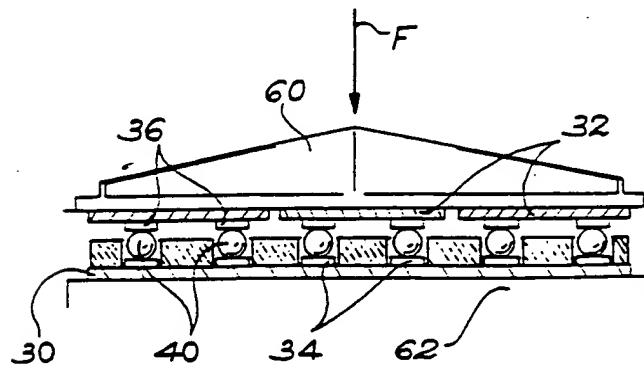


FIG. 7

